

Introdução à Física Nuclear

Prof. Marcelo Augusto Leigui de Oliveira

Prova 2 (2024.3)

GABARITO

NOME:

RA:

1. Numa amostra de 1 litro de dióxido de carbono a CNTP, uma média de 3 desintegrações por minuto são observadas para o decaimento: $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + e^+ + \bar{\nu}$.

(a) Calcule a fração de ^{14}C presente na amostra se a vida média deste nuclídeo é de 5730 anos.

(b) Dado que a fração de ^{14}C presente na atmosfera é de $f_0 = 1,3 \cdot 10^{-12}$, calcule a idade da amostra em anos.

$$a) \quad \frac{1}{\lambda} = \tau = 5730 \text{ anos} = 5730 \cdot 365,24 \cdot 60 \text{ min} = 3,014 \cdot 10^9 \text{ min}$$

$$R = N \lambda \Rightarrow N = R / \lambda = \frac{3}{3,32 \cdot 10^{-10}} = 9,04 \cdot 10^9 \text{ núcleos de } ^{14}\text{C}$$

$$\text{CNTP: } \begin{cases} 22,4 \text{ l} - 1 \text{ mol} \\ 1 \text{ l} - x \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{22,4} = 2,69 \cdot 10^{22} \text{ núcleos de C} \end{array} \right.$$

$$f = \frac{N}{x} = \frac{9,04 \cdot 10^9}{2,69 \cdot 10^{22}} = \underline{\underline{3,364 \cdot 10^{-13}}}$$

$$b) \quad f = f_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln(f/f_0) = -\lambda t \Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln(f_0/f) \Rightarrow$$

$$t = \tau \ln(f_0/f) = 5730 \cdot 1,352 = \underline{\underline{7746 \text{ anos}}}$$

2. O nuclídeo ^{34}Cl decai em ^{34}S . Se a diferença de massa entre os átomos é de $5,52 \text{ MeV}/c^2$, qual é a máxima energia da partícula β ? Escreva a reação correspondente e determine se trata-se de um decaimento β^+ ou β^- .



$$\Delta M = 5,52 \text{ MeV}/c^2$$

$$Q = (m_A - m_B - m_e) c^2 = K_B + K_e \Rightarrow$$

$$Q = \Delta M c^2 - 2m_e c^2 = 0 + K_e^{\text{max}} \Rightarrow K_e^{\text{max}} = 5,52 - 2 \cdot 0,511$$

$$\Rightarrow \boxed{K_e^{\text{max}} = 4,498 \text{ MeV}}$$

NOME:

RA:

3. Considerando-se que a partícula α deve vencer a barreira coulombiana, que sua energia de ligação é de 28,3 MeV e que a energia de separação de cada núcleon é de 6 MeV.

(a) Mostre que a distância mínima a partir da superfície do núcleo em que a partícula α está livre é:

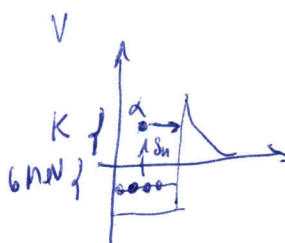
$$b = \frac{2Zke^2}{K},$$

onde K é a energia cinética da partícula α ;

(b) Se os alfa-emissores têm $Z \geq 84$, calcule esta distância mínima em fm.

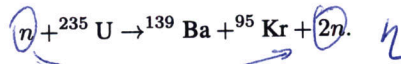
a) $V = K \frac{2Zke^2}{b} = K \Rightarrow b = \frac{2Zke^2}{K} = \frac{2 \cdot 84 \cdot 1,44}{4,3} = 56 \text{ fm}$

b)



$K = E_{lig}^{\alpha} - 4 \cdot S_n = 28,3 - 4 \cdot 6 = 4,3 \text{ MeV}$

4. Em um reator de água pressurizada a reação típica para a fissão, como resultado do bombardeamento com nêutrons, é:



- (a) Qual é o fator de reprodução, η , desta reação? Supondo o reator infinito e que todo nêutron absorvido no combustível cause fissão, calcule seu fator de reprodução efetivo, k_{∞} . Dados: o fator de fissão rápida $\epsilon = 1,175$, a probabilidade de escape de ressonância $p = 0,9$ e o fator de utilização térmica $f = 0,473$.
- (b) Se o ciclo opera com 1000 nêutrons rápidos, qual a massa de ${}^{235}\text{U}$ que será consumida por ciclo?
- (c) Após quantas gerações o ciclo irá dobrar? Desconsidere os nêutrons atrasados.

a) $\eta = 2$

$$k_{\infty} = \epsilon p f \eta = 1,175 \cdot 0,9 \cdot 0,473 \cdot 2 = 1,000395$$

$$k_{\infty} = 1,000395$$

b) 1 mol ${}^{235}\text{U}$ - 2 mols de nêutrons

$$235 \text{ g} - 2 \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$m - 10^3$$

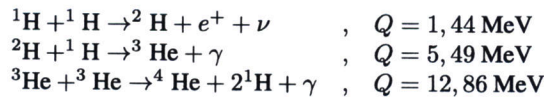
$$\left\{ \begin{array}{l} m = 1,95 \cdot 10^{-19} \text{ g} \\ f \end{array} \right. \text{ de } {}^{235}\text{U}$$

c) $k_{\infty}^N = 2 \Rightarrow N = \frac{\ln 2}{\ln k_{\infty}} = 1755 \text{ gerações}$

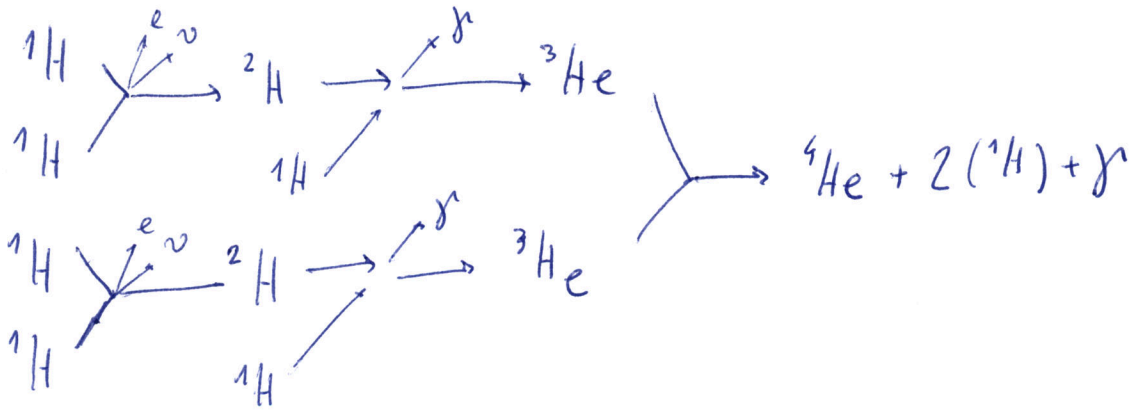
NOME:

RA:

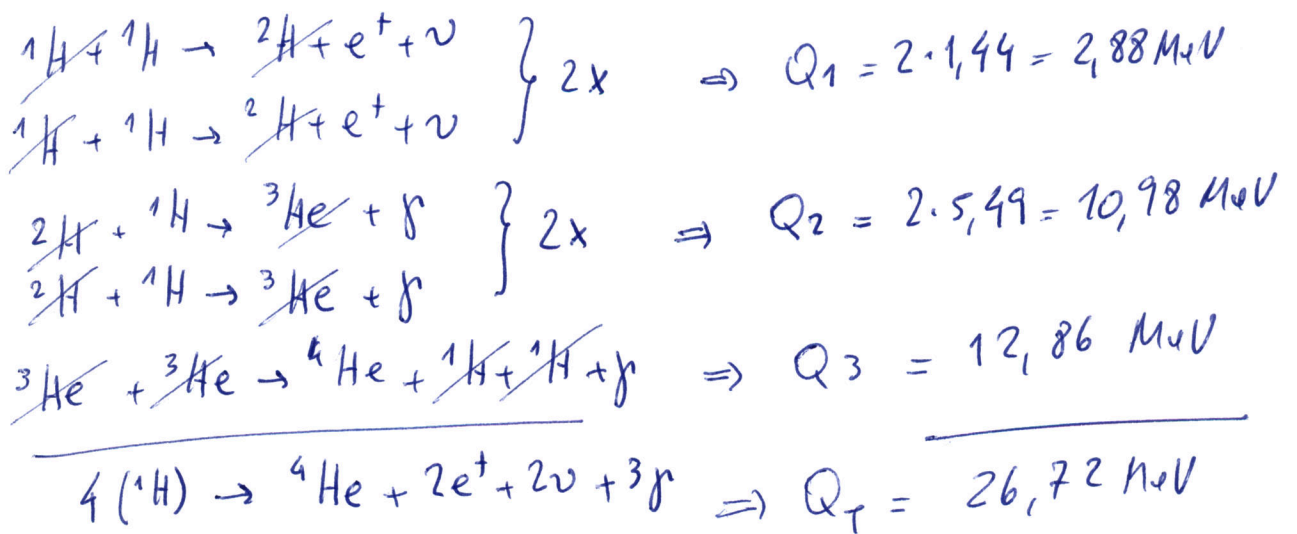
5. O ciclo próton-próton do Sol é constituído basicamente de 3 reações:



Faça um diagrama indicando a formação de cada ${}^4\text{He}$ do ciclo, encontre a reação líquida e seu valor Q.



ou somando-se as reações



NHZ3026-P2

6

Rascunho:

Formulário:

Atividade:

$$R = -\frac{dN}{dt} = N\lambda$$

Constante de decaimento:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Lei do decaimento radioativo:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Lei dos gases:

$$pV = nRT = \frac{N'}{N_A} RT$$

Valor Q:

$$Q = K_B + K_b - K_a = (m_a + m_A - m_b - m_B)c^2$$

Valor Q no decaimento beta:

$$Q_{\beta^-} = \{m(Z, A) - [m(Z+1, A) + m_e]\}c^2 \approx [M(Z, A) - M(Z+1, A)]c^2,$$

$$Q_{\beta^+} = \{m(Z, A) - [m(Z-1, A) + m_e]\}c^2 \approx [M(Z, A) - M(Z-1, A) - 2m_e]c^2,$$

onde m é a massa do nuclídeo e M é a massa atômica.

Potencial coulombiano:

$$V = k \frac{z_\alpha Z e^2}{r}$$

Fórmula dos 4 fatores:

$$k_\infty = \epsilon p f \eta$$

Dados:Velocidade da luz no vácuo: $c = 299\,792\,458$ m/s (exato) $\approx 3 \cdot 10^8$ m/sCarga elementar: $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ CElétron-volt: $1 \text{ eV} \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ JConstante de Planck reduzida: $\hbar = \frac{h}{2\pi} \approx 1,055 \cdot 10^{-34}$ J · s $\approx 6,582 \cdot 10^{-16}$ eVConstante de estrutura fina: $\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137}$ (adimensional)Fator de conversão 1: $\hbar c \approx 3,161 \cdot 10^{-26}$ J · m $\approx 197,3$ MeV · fmFator de conversão 2: $ke^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} = \alpha\hbar c \approx 1,44$ MeV · fmNúmero de Avogadro: $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹Constante dos gases: $R = 8,31$ J / mol · K = $0,082$ atm · ℓ / mol · KUnidade de massa atômica (u.m.a.): $u = \frac{M_{\text{mol}}(^{12}\text{C})}{12 \cdot N_A} = \frac{1 \text{ g}}{N_A} \approx 1,661 \cdot 10^{-27}$ kg $\approx 931,5$ MeV/c²

Massas:

próton: $m_p = 938,27$ MeV/c², nêutron: $m_n = 939,57$ MeV/c², elétron: $m_e = 0,511$ MeV/c².

Nuclídeo	Z	A	massa atômica [u]
n	0	1	1,008665
¹ H	1	1	1,007825
² H	1	2	2,014102
³ H	1	3	3,016050
³ He	2	3	3,016030
⁴ He	2	4	4,002603
¹² C	6	12	12,000000
¹³ C	6	13	13,003354
¹⁴ C	6	14	14,003242
¹³ N	7	13	13,005738
¹⁴ N	7	14	14,003074
²³⁵ U	92	235	235,0439231
²³⁶ U	92	236	236,0455619
²³⁷ U	92	237	237,0487240
²³⁸ U	92	238	238,0507826

Tabela 1
Massa atômica (em u.m.a.) de alguns nuclídeos selecionados.